

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физики плазмы



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись

«04» 10

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Физика плазмы»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2-3, семестр 3-6

профиль

Физика плазмы

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация(в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-6	360	124	92		20	78	32	2	10		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 250 часов - в интерактивных формах 112 часов Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

Разработчик:

к.ф.-м.н. В.В. Анненков

и.о. Заведующего кафедрой физики плазмы ФФ

к.ф.-м.н. А.Д. Беклемишев

Ответственный за образовательную программу:

д.ф-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация к рабочей программе модуля «Физика плазмы» .....	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Физика плазмы для аспирантов.....	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ <b>Современная физика плазмы</b> .....	21
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ <u>Избранные главы современной физики</u> .....	32
КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН Модуль «Физика плазмы» .....	51

## **Аннотация**

### **к рабочей программе модуля «Физика плазмы»**

Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль): **Физика плазмы**

Рабочая программа по модулю «Физика плазмы» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и предназначена для аспирантов, обучающихся по профилю «Физика плазмы». Модуль включает в себя рабочие программы дисциплин «Физика плазмы для аспирантов», «Современная физика плазмы» и «Избранные главы современной физики» направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Физика плазмы», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Физика плазмы».

Основная цель входящих в состав модуля дисциплин – знакомство аспирантов с последними научными достижениями в области современной физики, а также физики плазмы и практика презентации собственных научных результатов перед квалифицированной аудиторией.

Модуль направлен на формирование у обучающегося универсальных компетенций УК-1 и УК-5, а также общепрофессиональной компетенции ОПК-1 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

#### **Знания:**

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

#### **Умения:**

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Навыки:**

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Модуль «Физика плазмы» реализуется с первого по шестой семестры включительно (первый-третий курсы аспирантуры).

Преподавание дисциплин предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия с привлечением ведущих ученых, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем, самостоятельная подготовка обучающихся.

Текущий контроль обеспечивается контролем посещения занятий, сдачей задач и представлением доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплинам – зачеты, по всему модулю – кандидатский экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы модуля составляет **360** академических часов / **10** зачетных единиц, в том числе:

1. Физика плазмы для аспирантов - 108 часов/3 зачетных единицы
- 2.1 Современная физика плазмы - 216 часов/6 зачетных единиц
- 2.2 Избранные главы современной физики - 216 часов/6 зачетных единиц
3. Кандидатский экзамен – 36 часов/1 зачетная единица.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

---

Кафедра физики плазмы

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика плазмы для аспирантов

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

**Курс 3, семестр 5**

профиль

**Физика плазмы**

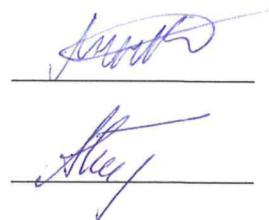
Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.ф.-м.н. В.В. Анненков

и.о. Заведующего кафедрой физики плазмы ФФ

к.ф.-м.н. А.Д. Беклемишев



Новосибирск 2020

## Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Физика плазмы для аспирантов» .....	7
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	9
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	10
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося .....	10
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	11
5. Перечень учебной литературы .....	12
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	13
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	14

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины «Физика плазмы для аспирантов»**  
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**  
Направленность (профиль): **Физика плазмы**

Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» реализуется во втором семестре в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Физика плазмы» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Знания:**

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Умения:**

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Навыки:**

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

**Перечень основных разделов дисциплины:** термоядерный синтез, диагностика плазмы и плазменный эксперимент, пучки в плазме.

**Дисциплина имеет своими целями:**

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам физики плазмы,
- дать углубленное представление о разделах физики плазмы, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика плазмы для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
<b>УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «Физика плазмы для аспирантов» реализуется во втором семестре в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Физика плазмы» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

**Перечень основных разделов дисциплины:** термоядерный синтез, диагностика плазмы и плазменный эксперимент, пучки в плазме.

**Дисциплина имеет своими целями:**

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам физики плазмы,
- дать углубленное представление о разделах физики плазмы, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Физика плазмы для аспирантов:

Кандидатский экзамен по модулю Физика плазмы

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2	108	32		20	54			2	
Всего 108 часов /3 зачетных единиц из них: - контактная работа 52 часа - в интерактивных формах 20 часов									
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2									

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>5 семестр</b>										
1.	Общие вопросы физики плазмы	1-8	15	6		1	8			
2.	Термоядерные исследования в мировом масштабе	9	7	2		1	4			
3.	Проект ИТЕР	10	7	2		1	4			
4.	Физика открытых ловушек	11	7	2		1	4			
5.	Термоядерные источники нейтронов и гибридные реакторы на их основе	12	7	2		1	4			
6.	Термоядерное материаловедение	13	7	2		1	4			
7.	Электронные пучки в плазме	14	7	2		1	4			
8.	Мощные атомарные пучки	15	7	2		1	4			
9.	Системы высокочастотного нагрева плазмы	16	7	2		1	4			
10.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	35	10		11	14			

11.	Зачет	17	2						2
12.	Всего по семестру		108	32		20	54		2

Лекционные занятия проводятся в интерактивной форме, подразумевающей со стороны преподавателя постановку проблемы по указанным темам. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности.

#### Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада.	11
Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	9

#### Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	54

### **5. Перечень учебной литературы**

#### 5.1 Основная литература

1. И.А.Котельников, Лекции по физике плазмы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 011200 - Физика и по специальности 010701 - Физика / И.А. Котельников Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 384 с.: ил.; 24 см. ISBN 978-5-9963-1158-3.
2. Б.А.Князев. Низкотемпературная плазма и газовый разряд: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 510400 - Физика / Б.А. Князев; М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2003, 290 с. : ил. ; 29x20 см.(Физика в НГУ) ISBN 5-94356-137-4.

#### 5.2 Дополнительная литература

3. Д.А.Франк-Каменецкий, Д. А., Лекции по физике плазмы: [Для инж.-физ. и физ.-техн. вузов и фак.] / Д.А. Франк-Каменецкий .— 2-е изд. — Москва : Атомиздат, 1968 .— 286 с.
4. Ю.П.Райзер Физика газового разряда: [для физических специальностей вузов] / Ю.П. Райзер 3-е изд., перераб.и доп.Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2009 734 с.: ил.; 25 см. ISBN 978-5-91559-019-8.

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся**

Размещение учебных материалов: Адрес страницы аспирантуры ИЯФ СО РАН <http://www.inp.nsk.su/obrazovanie/aspirantura>

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

### 7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).

4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.

5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II.).

6. БД Scopus (Elsevier).

### 7.2. Информационные справочные системы

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

#### **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

##### ***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине***

###### ***Текущий контроль успеваемости:***

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

###### ***Промежуточная аттестация:***

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика плазмы для аспирантов» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу

##### ***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Физика плазмы для аспирантов***

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1.	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Работа на занятиях Представление доклада

УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Зачет
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.	
УК-5.3	Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		Работа на занятиях

ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	Представление доклада Зачет
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/раздела	Имеется минимальный набор навыков при	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных	Имеется базовый набор навыков при

		м дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	решении стандартных задач с некоторым и недочетами.	задач с некоторыми недочетами.	решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.
--	--	---	---	--------------------------------	---

**Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

**1. Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Физика плазмы для аспирантов».**

1. В одном из ранних проектов термоядерного реактора предполагалось с помощью сходящихся к оси ионных пучков создать в центре установки популяцию быстрых ионов. Оценить максимально достижимую среднюю концентрацию ионов при энергии ионов 1 МэВ, если характерный размер области, в которую фокусируются ионы, равен 1 см.
2. Изобразите конфигурацию магнитных полей в установке с обращенным полем. Как может создаваться и поддерживаться такая конфигурация?
3. Поток быстрых электронов проходит через плазму толщиной 1 м с  $n_e = n_i = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ . Приняв значения транспортных сечений для столкновений с электронами и ионами плазмы  $\sigma_{ee} = 10^{-18} \text{ см}^2$  и  $\sigma_{ei} = 2 \cdot 10^{-18} \text{ см}^2$ , найти относительное изменение средней энергии и направленного импульса быстрых электронов. Как зависит сила, с которой действуют быстрые электроны на плазму, от начальной энергии электронов?
4. Какие элементарные процессы доминируют в плазме, находящейся в локальном термодинамическом равновесии? При температуре 0,8 эВ для атомарного водорода в условиях локального термодинамического равновесия константа равновесия равна  $10^{14} \text{ см}^{-3}$ . Определить концентрацию электронов, для которой степень ионизации при указанной температуре составляет 1/2.
5. В идеальном термоядерном реакторе (в котором нет потерь частиц) создали плазму с концентрацией электронов  $n_e = 10^{15} \text{ см}^{-3}$  и относительным содержанием дейтерия и трития  $n_D = n_T = 0.5 \cdot n_e$  и стали поддерживать постоянную температуру  $T = 40 \text{ кэВ}$ . Оценить время, за которое мощность реакции уменьшится на 10% и назвать причину этого уменьшения. Рассматривать только основную реакцию, скорость реакции принять равной  $\langle \sigma v \rangle = 8 \cdot 10^{-22} \text{ м}^3/\text{с}$ .
6. Пучок ионов водорода с энергией  $E_0 = 10 \text{ кэВ}$  проходит через газовую мишень толщиной  $L = 0.6 \text{ м}$ , состоящую из молекулярного водорода при комнатной температуре и давлении  $P = 1 \text{ Па}$ . Найти долю быстрых нейтралов (атомов водорода с энергией  $E$ ) на выходе из мишени. Сечение перезарядки равно  $\sigma_{sx} = 10^{-15} \text{ см}^2$ ,  $\sigma_{ion} = 10^{-16} \text{ см}^2$
7. Объясните принцип работы дисперсионного интерферометра для диагностики плазмы. В чем состоят преимущества применения этой схемы?
8. Укажите основные элементарные процессы, приводящие к образованию отрицательных ионов в плазменных эмиттерах.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

---

Кафедра физики плазмы

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Современная физика плазмы

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

**Курс 2-3, семестр 3-6**

профиль

**Физика плазмы**

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.ф.-м.н. В.В. Анненков

и.о. Заведующего кафедрой физики плазмы ФФ

к.ф.-м.н. А.Д. Беклемишев



Новосибирск 2020

## Содержание

<b>Аннотация к рабочей программе дисциплины «Современная физика плазмы».....</b>	<b>21</b>
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	23
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	24
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	25
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	25
5. Перечень учебной литературы .....	26
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	27
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	27
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	27
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	27
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	28

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины «Современная физика плазмы»**  
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**  
Направленность (профиль): **Физика плазмы**

Дисциплина «Современная физика плазмы» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Современная физика плазмы» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика плазмы».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Знания:**

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Умения:**

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Навыки:**

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

**Перечень основных разделов дисциплины:** термоядерный синтез, диагностика плазмы и плазменный эксперимент, пучки в плазме.

Дисциплина ставит перед собой основную задачу знакомить аспирантов с новейшими достижениями и проблемами современной физики плазмы, а также смежных областей физики. Для докладов на еженедельных семинарах плазменных лабораторий ИЯФ СО РАН привлекаются ведущие ученые академических институтов, приглашенные отечественные и зарубежные профессора. Доклады носят узкоспециальный характер и сопровождаются большим количеством вопросов к докладчику и продолжительными дискуссиями после доклада. Обучающиеся также представляют свои доклады на основании собственной научной деятельности по темам, близким к их научным интересам, и анализа текущей периодической литературы, в формате устного доклада на конкурсе молодых ученых ИЯФ СО РАН.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия (прослушивание докладов научных сотрудников и участие в дискуссии в формате семинаров плазменных лабораторий ИЯФ СО РАН), практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 6 зачетных единиц (216 часов).

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
<b>УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современная физика плазмы» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Современная физика плазмы» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика плазмы».

**Перечень основных разделов дисциплины:** термоядерный синтез, диагностика плазмы и плазменный эксперимент, пучки в плазме.

Дисциплина ставит перед собой основную задачу знакомить аспирантов с новейшими достижениями и проблемами современной физики плазмы, а также смежных областей физики. Для докладов на еженедельных семинарах плазменных лабораторий ИЯФ СО РАН привлекаются ведущие ученые академических институтов, приглашенные отечественные и зарубежные профессора. Доклады носят узкоспециальный характер и сопровождаются большим количеством вопросов к докладчику и продолжительными дискуссиями после доклада. Обучающиеся также представляют свои доклады на основании собственной научной деятельности по темам, близким к их научным интересам, и анализа текущей периодической литературы, в формате устного доклада на конкурсе молодых ученых ИЯФ СО РАН.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия (прослушивание докладов научных сотрудников и участие в дискуссии в формате семинаров плазменных лабораторий ИЯФ СО РАН), практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 6 зачетных единиц (216 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Теплофизика и теоретические основы теплообмена для аспирантов:  
Кандидатский экзамен по модулю Физика плазмы

**3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	36	14	14			6			2		
4	72	32	32			6			2		
5	36	14	14			6			2		
6	72	32	32			6			2		
ИТОГО	216	92	92			24			8		
Всего 216 часов /6 зачетных единиц											
из них:											
- контактная работа 192 часа, - в интерактивных формах 92 часа											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем /Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>3 семестр</b>										
1.	Новейшие достижения в физике плазмы	1-16	14	14						
2.	Научные доклады обучающихся по тематикам их	1-16	14		14		6			

	научных исследований								
3.	Зачет	17	2						2
4.	Всего по семестру		72	14	14		6		2
<b>4 семестр</b>									
1.	Новейшие достижения в физике плазмы	1-16	48	32	16				
2.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		16		6		
3.	Зачет	17	2						2
4.	Всего по семестру		72	32	32		6		2
<b>5 семестр</b>									
1.	Новейшие достижения в физике плазмы	1-16	14	14					
2.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	14		14		6		
3.	Зачет	17	2						2
4.	Всего по семестру		72	14	14		6		2
<b>6 семестр</b>									
1.	Новейшие достижения в физике плазмы	1-16	48	32	16				
2.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		16		6		
3.	Зачет	17	2						2
4.	Всего по семестру		72	32	32		6		2
	Итого по дисциплине		216	92	92		24		8

### Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных.	24

## **5. Перечень учебной литературы**

### 5.1 Основная литература

Текущая периодическая литература, имеющаяся библиотеке НГУ.  
 Научная литература по профилю подготовки аспиранта.

### 5.2 Дополнительная литература

Ведущие научные журналы по физике: «Успехи физических наук», «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Письма в ЖЭТФ», “Nature”, “Phys. Rev. Letters” и др

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся**

Размещение учебных материалов: Адрес страницы аспирантуры ИЯФ СО РАН <http://www.inp.nsk.su/obrazovanie/aspirantura>.

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

### 7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

### 7.2 Информационные справочные системы

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль успеваемости:***

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, а также доклады о своей научной деятельности, представленные в формате выступления на конкурсе молодых ученых ИЯФ СО РАН (проводится в мае) и учитывается при проведении промежуточной аттестации. Текущий контроль успеваемости учитывается в рамках промежуточной аттестации.

#### ***Промежуточная аттестация:***

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

### **Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине**

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
<b>УК-1.</b>	<b>Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том</b>	Работа на занятиях Представление

<b>числе в междисциплинарных областях</b>		доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.	
УК-5.3	Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в</b>		Работа на

<b>области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.
-----------------------------------	-------------------	--	--	--	---

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

Тематика докладов по дисциплине «Современная физика плазмы» -  
*Определяется темой научных исследований аспиранта.*

**Примерная тематика докладов**

1. Установка ГОЛ-3 и удержание плазмы в гофрированной ловушке.
2. Коллективный нагрев плазмы мощными электронными пучками.
3. Установка ГДЛ и режим газодинамического удержания.
4. Электронный циклотронный нагрев плазмы в осесимметричных ловушках открытого типа.
5. Генерация сильноточных электронных пучков.
6. Установка ЭЛМИ и генерация микроволнового излучения сильноточными электронными пучками.
7. Установка БНЗТ и применения эпитепловых нейтронов для лечения раковых заболеваний и в системах безопасности.
8. Мощные атомарные инжекторы.
9. Взаимодействие плазмы с поверхностью.
10. Плазменные методы ускорения заряженных частиц.
11. Пылевая плазма.
12. Теоретические работы в ИЯФ СО РАН.
13. Источники отрицательных ионов.
14. Работы по физике плазмы в НИЧ НГУ.
15. Плазмотрон и его применения.
16. Взаимодействие мощных лазерных импульсов с поверхностью.
17. Прочие технологические применения плазмы.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

---

Кафедра физики элементарных частиц

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Избранные главы современной физики**

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

**Курс 2-3, семестр 3-6**

профиль

**Физика плазмы**

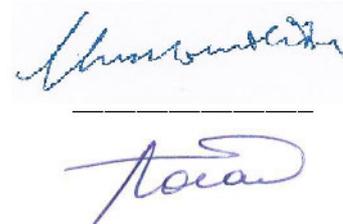
Форма обучения: **очная**

Разработчик:

д.ф.-м.н. А.И. Мильштейн

Заведующий кафедрой ФЭЧ ФФ

д.ф.-м.н. И.Б. Логашенко



Two handwritten signatures in blue ink. The top signature is cursive and appears to be 'А.И. Мильштейн'. The bottom signature is also cursive and appears to be 'И.Б. Логашенко'. A horizontal line is drawn below the top signature.

Новосибирск 2020

## Содержание

**Аннотация к рабочей программе дисциплины «Избранные главы современной физики»..... Ошибка! Закладка не определена.**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	34
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	36
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	37
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	37
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	38
5. Перечень учебной литературы.....	44
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	44
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	45
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	45
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	45
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	46

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины «Избранные главы современной физики»**  
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**  
Направленность (профиль): **Физика плазмы**

Дисциплина «Избранные главы современной физики» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Избранные главы современной физики» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика плазмы».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Знания:**

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Умения:**

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

**Навыки:**

УК-5.3. Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Перечень основных разделов дисциплины: Общие вопросы и проблемы классической динамики, специальной теории относительности, классической электродинамики, релятивистской квантовой механики, проблемы ядерной физики, феноменологии сильных и слабых взаимодействий; Стандартная модель элементарных частиц и ее расширение. Основы единой теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий и современные методы теоретического анализа.

Дисциплина ставит перед собой две основные задачи. Первой задачей является подготовка аспирантов указанной специальности к сдаче кандидатского экзамена по широкому кругу вопросов. Второй задачей является детальное обсуждение некоторых вопросов, которые не входят в стандартную университетскую программу, но знание и правильное понимание которых очень важно для работы исследователей. Обучение предполагается проводить не на основе повторения университетского курса, а на основе обсуждения нетривиальных и интересных физических проблем, решение которых потребует напоминания основ теории. Это позволит подготовиться к сдаче кандидатских экзаменов, а также повысить интерес к исследовательской работе. В первой части курса обсуждались вопросы, связанные с классической динамикой, специальной теорией относительности, классической электродинамикой, релятивистской квантовой механикой, проблемы ядерной физики, феноменология сильных и слабых взаимодействий. Вторая часть курса посвящена Стандартной модели элементарных частиц и ее расширениям. Излагаются основы единой теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий и современные методы теоретического анализа, позволяющие делать простые оценки для всего многообразия процессов и явлений физики элементарных частиц. Знание представленного материала важно, как для теоретиков и вычислителей, так и для экспериментаторов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 6 зачетных единицы (216 часов).

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
<b>УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы современной физики» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика плазмы» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Избранные главы современной физики» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика плазмы».

**Перечень основных разделов дисциплины:** Общие вопросы и проблемы классической динамики, специальной теории относительности, классической электродинамики, релятивистской квантовой механики, проблемы ядерной физики, феноменологии сильных и слабых взаимодействий; Стандартная модель элементарных частиц и ее расширение. Основы единой теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий и современные методы теоретического анализа.

Дисциплина ставит перед собой две основные задачи. Первой задачей является подготовка аспирантов указанной специальности к сдаче кандидатского экзамена по широкому кругу вопросов. Второй задачей является детальное обсуждение некоторых вопросов, которые не входят в стандартную университетскую программу, но знание и правильное понимание которых очень важно для работы исследователей. Обучение предполагается проводить не на основе повторения университетского курса, а на основе обсуждения нетривиальных и интересных физических проблем, решение которых потребует напоминания основ теории. Это позволит подготовиться к сдаче кандидатских экзаменов, а также повысить интерес к исследовательской работе. В первой части курса обсуждались вопросы, связанные с классической динамикой, специальной теорией относительности, классической электродинамикой, релятивистской квантовой механикой, проблемы ядерной физики, феноменология сильных и слабых взаимодействий. Вторая часть курса посвящена Стандартной модели элементарных частиц и ее расширениям. Излагаются основы единой теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий и современные методы теоретического анализа, позволяющие делать простые оценки для всего многообразия процессов и явлений физики элементарных частиц. Знание представленного материала важно, как для теоретиков и вычислителей, так и для экспериментаторов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 6 зачетных единицы (216 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Избранные главы современной физики:

Кандидатский экзамен по модулю Физика плазмы

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	36	14	14			6			2		
4	72	32	32			6			2		
5	36	14	14			6			2		
6	72	32	32			6			2		
ИТОГО	216	92	92			24			8		
<p>Всего 216 часов /6 зачетных единиц из них: - контактная работа 192 часов - в интерактивных формах 92 часов</p>											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации			
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>3 семестр</b>											
1.	Преобразования Лоренца для векторов и тензоров, преобразование Лоренца для электромагнитного поля, инварианты электромагнитного поля относительно преобразований Лоренца	1	1	1							

2.	Функция Лагранжа релятивистской частицы в электромагнитном поле, сила Лоренца, Гамильтониан, канонический импульс, калибровочная инвариантность	2	1	1						
3.	Плотность энергии и импульса электромагнитного поля, сохранение энергии и импульса системы частица+поле при движении частицы в переменном поле.	3	1	1						
4.	Прецессия Томаса, движение магнитного момента в электромагнитном поле, уравнение Баргмана-Мишеля-Телегди	4	1	1						
5.	Проблема центра инерции в системе взаимодействующих релятивистских частиц	5	1	1						
6.	Движение в центральном поле, уравнение Гамильтона-Якоби, рассеяние релятивистской частицы в кулоновском поле, проблема падения на центр в релятивистской классической механике	6	1	1						
7.	Потенциалы движущихся зарядов, излучение электромагнитных волн частицей во внешнем поле, мультипольное разложение, поляризация излучения, параметры Стокса.	7	1	1						
8.	Сила радиационного трения. Лазер на свободных электронах.	8	1	1						
9.	Уравнения Дирака в электромагнитном поле, ток, калибровочная инвариантность, вероятностная интерпретация, преобразование Фолди-Ваутхайзена, нерелятивистское разложение, гамильтониан Брейта	9	1	1						
10.	Оператор скорости электрона в релятивистском случае, дрожание (Zitterbewegung) электрона, рассеяние в одномерном случае, парадокс Клейна	10	1	1						

11.	Релятивистские эффекты в атомах, тонкая структура, асимметричное рассеяние медленных электронов, скачек волновой функции, аномальный эффект Холла, спиновый эффект Холла	11	1	1						
12.	Флуктуации вакуума, Лэмбовский сдвиг в атоме водорода, Лэмбовский сдвиг в системе двух частиц ( или ?). Аномальный магнитный момент, его зависимость от поля.	12	1	1						
13.	Рассеяние электронов при низких энергиях, эффект Рамзауэра. Рассеяние электронов при высоких энергиях, спиновые эффекты, борновское приближение, эйкональное приближение, квазиклассическое приближение	13	1	1						
14.	Рассеяние света на атомах и ядрах, томсоновское рассеяние, рэлеевское рассеяние, комптоновское рассеяние, дельбрюковское рассеяние, резонансное рассеяние	14	1	1						
15.	Тормозное излучение электрона на атоме при высоких энергиях, длина формирования, влияние многократного рассеяния, эффект Ландау-Померанчука	15	0,5	0,5						
16.	Рождение электрон-позитронных пар фотоном в атомном поле, рождение пар однородным электромагнитным полем, механизм Швингера	16	0,5	0,5						
17.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	20		14		6			
5.	Зачет	17	2							2
6.	Всего по семестру		36	14	14		6			2
<b>4 семестр</b>										
1.	Нуклон-нуклонное взаимодействие при низких энергиях, изотопическая инвариантность, обобщенный принцип Паули; свойства ядерных сил, роль кулоновских сил в деформации и делении ядер; энергия связи ядер	1	3	2	1					
2.	Дейтрон, магнитный момент дейтрона, примесь d-волны. pp, pp и pp	2	3	2	1					

	рассеяние при очень низких энергиях, виртуальный уровень. Приближение нулевого радиуса									
3.	Потенциал Саксона-Вудса и трехмерный осциллятор, оболочки, магические ядра, спин-орбитальное взаимодействие, кулоновское взаимодействие, pp и pp спаривание в ядрах; магнитные моменты ядер	3	3	2	1					
4.	Изотопы, стабильность ядер, - распад, спектр - электронов и влияние массы нейтрино, правила отбора для -распада; -распад, деление ядер	4	3	2	1					
5.	Одночастичные возбуждения в ядрах, электромагнитные переходы, правила отбора; статическая деформация ядер	5	3	2	1					
6.	Вращательные спектры, колебательные спектры, гигантские дипольные резонансы; упругие и неупругие ядерные реакции	6	3	2	1					
7.	Четыре типа взаимодействий. Их пространственно-временные масштабы, константы связи. Элементарные частицы: кварки, лептоны, калибровочные бозоны	7	3	2	1					
8.	Мезоны и барионы как кварковые состояния. Квантовое число "цвет", симметрия барионной волновой функции. Кварковые ароматы. Дублет u- и d-кварков. Изотопическая симметрия. Дублет антикварков, G-сопряжение, G-четность. Пентакварки и молекулярные состояния элементарных частиц	8	3	2	1					
9.	Сохраняющиеся квантовые числа. Изомультиплеты. Следствия изотопической инвариантности. Методы получения изотопических соотношений: коэффициенты Клебша-Гордона, построение инвариантных амплитуд, "фабрика" Шмушкевича	9	3	2	1					

10.	Электромагнитные характеристики адронов. Константы мезонных распадов. Формфакторы, поляризуемость. Массовые формулы	10	3	2	1					
11.	Асимптотическая свобода. Квантовая хромодинамика. Кварконий. Спектроскопия состояний. Аннигиляционные каналы распада. Определение величины константы связи	11	3	2	1					
12.	Структура упругого нуклон-нуклонного и нуклон - мезонного взаимодействия, спиновые эффекты	12	3	2	1					
13.	Электрон-позитронная аннигиляция в адроны. Модель векторной доминантности в области умеренных энергий. Глубоко неупругое рассеяние лептонов. Кварк-партоновая модель	13	3	2	1					
14.	Непертурбативные эффекты в КХД. Вакуум в КХД. Инстантоны. Невылетание цвета	14	3	2	1					
15.	Стандартная модель слабых и электромагнитных взаимодействий. Промежуточные векторные бозоны, их массы, каналы распада, ширины	15	3	2	1					
16.	Нейтральные каоны. Нарушение CP инвариантности. Матрица Кобаяши-Маскавы, осцилляции нейтрино	16	3	2	1					
17.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	22		16		6			
18.	Зачет	17	2							2
19.	Всего по семестру		72	32	32		6			2
<b>5 семестр</b>										
1.	Абелевы и неабелевы калибровочные теории поля, их квантование, ковариантные и нековариантные калибровки, функциональные методы в квантовой теории поля, диаграммная техника для вычисления амплитуд	1-6	6	6						
2.	Элементарные процессы квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики в первомнеисходящем	7-10	4	4						

	приближении теории возмущений, свойства дифференциальных и полных сечений, поведение сечений при высоких энергиях								
3.	Радиационные поправки, ультрафиолетовые расходимости и перенормировки, ренорм-группа, уравнения ренорм-группы, экранировка заряда в абелевых теориях и асимптотическая свобода в неабелевых.	11-16	4	4					
4.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16			14		6		
5.	Зачет	17	2						2
6.	Всего по семестру		36	14	14		6		2
<b>6 семестр</b>									
1.	Факторизация "жестких" и "мягких" вкладов в сечения процессов при больших энергиях. Приближенные методы вычисления сечений процессов высокого порядка теории возмущений. Партоновая модель. Уравнения эволюции партоновых распределений	1-6	16	10	6				
2.	Спонтанное нарушение симметрии, теория электро-слабых взаимодействий Глэшоу-Вайнберга-Салама, CP несохранение, процессы рождения и распада векторных бозонов и хиггсовского бозона, физика частиц с тяжелыми и сверх-тяжелыми кварками	7-11	17	11	6				
3.	Неполнота Стандартной Модели с теоретической и феноменологической точек зрения. Осцилляции нейтрино. Пути расширения Стандартной Модели. Единые модели теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий.	12-16	17	11	6				
4.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	20		14		6		
5.	Зачет	17	2						2
6.	Всего по семестру		72	32	32		6		2
	Итого		216	92	92		24		8

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как

необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности. Материал всех лекций доступен в электронном виде. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации.

#### Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к лекционным и практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных. Подготовка к практическим занятиям. Решение практических заданий.	24

### **5. Перечень учебной литературы**

#### 5.1 Основная литература

1. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского Москва: Физматлит, 200 -22 см. ISBN 5-9221-0053-X Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория Изд. 6-е, испр 2008800 с.: ил. ISBN 978-5-9221-0530-9.
2. В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин; Сборник задач по электродинамике: [учебное пособие для вузов] / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; под ред. М.М. Бредова 3-е изд., испр Москва: Регуляр. и хаотич. динамика, 2002639 с.: ил.; 21 см. ISBN 5-93972-155-9.
3. В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган; Задачи по квантовой механике: [Учеб. пособие для физ. спец. вузов] / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1992879 с. : ил. ISBN 5020143650

#### 5.2 Дополнительная литература

4. В.Б. Берестецкий, Е.М. Лившиц, Л.П. Питаевский. Теоретическая физика: [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]: В 10 т. Т.4. Квантовая электродинамика / В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц; Под ред. Л.П. Питаевского 4-е изд., испр. М.: Физматлит, 2001719 с.: ил. ; 22 см. ISBN 5-9221-0053-X
5. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1990345 с. : ил. ISBN 5-020140279.

### **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся**

Размещение учебных материалов: Адрес страницы аспирантуры ИЯФ СО РАН <http://www.inp.nsk.su/obrazovanie/aspirantura>.

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке доклада по избранной теме.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же

основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

### 5.3 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).
6. БД Scopus (Elsevier).

### 7.2. Информационные справочные системы

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### **Текущий контроль успеваемости:**

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

#### **Промежуточная аттестация:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Избранные главы современной физики» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

### **Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Избранные главы современной физики**

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
<b>УК-1.</b>	<b>Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>	Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к	

	профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития.	
УК-5.3	Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>		Работа на занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по

		грубых ошибок.			решению нестандартных задач.
--	--	----------------	--	--	------------------------------

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

**Вопросы для зачета.**

1. Преобразования Лоренца для векторов и тензоров, преобразование Лоренца для электромагнитного поля, инварианты электромагнитного поля относительно преобразований Лоренца
2. Функция Лагранжа релятивистской частицы в электромагнитном поле, сила Лоренца, Гамильтониан, канонический импульс, калибровочная инвариантность.
3. Плотность энергии и импульса электромагнитного поля, сохранение энергии и импульса системы частица+поле при движении частицы в переменном поле. 4. Прецессия Томаса, движение магнитного момента в электромагнитном поле, уравнение Баргмана-Мишеля-Телегди.
5. Проблема центра инерции в системе взаимодействующих релятивистских частиц
6. Движение в центральном поле, уравнение Гамильтона-Якоби, рассеяние релятивистской частицы в кулоновском поле, проблема падения на центр в релятивистской классической механике.
7. Потенциалы движущихся зарядов, излучение электромагнитных волн частицей во внешнем поле, мультипольное разложение, поляризация излучения, параметры Стокса.
8. Сила радиационного трения. Лазер на свободных электронах.
9. Уравнения Дирака в электромагнитном поле, ток, калибровочная инвариантность, вероятностная интерпретация, преобразование Фолди-Ваутхайзена, нерелятивистское разложение, гамильтониан Брейта
10. Оператор скорости электрона в релятивистском случае, дрожание (Zitterbewegung) электрона, рассеяние в одномерном случае, парадокс Клейна
11. Релятивистские эффекты в атомах, тонкая структура, асимметричное рассеяние медленных электронов, скачек волновой функции, аномальный эффект Холла, спиновый эффект Холла.
12. Флуктуации вакуума, Лэмбовский сдвиг в атоме водорода, Лэмбовский сдвиг в системе двух частиц ( или ?). Аномальный магнитный момент, его зависимость от поля.
13. Рассеяние электронов при низких энергиях, эффект Рамзауэра. Рассеяние электронов при высоких энергиях, спиновые эффекты, борновское приближение, эйкональное приближение, квазиклассическое приближение
14. Рассеяние света на атомах и ядрах, томсоновское рассеяние, рэлеевское рассеяние, комптоновское рассеяние, дельбрюковское рассеяние, резонансное рассеяние
15. Тормозное излучение электрона на атоме при высоких энергиях, длина формирования, влияние многократного рассеяния, эффект Ландау-Померанчука
16. Рождение электрон-позитронных пар фотоном в атомном поле, рождение пар однородным электромагнитным полем, механизм Швингера
17. Нуклон-нуклонное взаимодействие при низких энергиях, изотопическая инвариантность, обобщенный принцип Паули; свойства ядерных сил, роль кулоновских сил в деформации и делении ядер; энергия связи ядер.
18. Дейтрон, магнитный момент дейтрона, примесь d-волны. np, pp и nn рассеяние при очень низких энергиях, виртуальный уровень. Приближение нулевого радиуса
19. Потенциал Саксона-Вудса и трехмерный осциллятор, оболочки, магические ядра,

- спин-орбитальное взаимодействие, кулоновское взаимодействие, pp и np спаривание в ядрах; магнитные моменты ядер.
20. Изотопы, стабильность ядер, - распад, спектр -электронов и влияние массы нейтрино, правила отбора для -распада; -распад, деление ядер.
  21. Одночастичные возбуждения в ядрах, электромагнитные переходы, правила отбора; статическая деформация ядер.
  22. Вращательные спектры, колебательные спектры, гигантские дипольные резонансы; упругие и неупругие ядерные реакции.
  23. Четыре типа взаимодействий. Их пространственно-временные масштабы, константы связи. Элементарные частицы: кварки, лептоны, калибровочные бозоны.
  24. Мезоны и барионы как кварковые состояния. Квантовое число "цвет", симметрия барионной волновой функции. Кварковые ароматы. Дублет u- и d-кварков. Изотопическая симметрия. Дублет антикварков, G-сопряжение, G-четность. Пентакварки и молекулярные состояния элементарных частиц.
  25. Сохраняющиеся квантовые числа. Изомультиплеты. Следствия изотопической инвариантности. Методы получения изотопических соотношений: коэффициенты Клебша-Гордона, построение инвариантных амплитуд, "фабрика" Шмушкевича.
  26. Электромагнитные характеристики адронов. Константы мезонных распадов. Формфакторы, поляризуемость. Массовые формулы.
  27. Асимптотическая свобода. Квантовая хромодинамика. Кварконий. Спектроскопия состояний. Аннигиляционные каналы распада. Определение величины константы связи.
  28. Структура упругого нуклон-нуклонного и нуклон - мезонного взаимодействия, спиновые эффекты.
  29. Электрон-позитронная аннигиляция в адроны. Модель векторной доминантности в области умеренных энергий. Глубоко неупругое рассеяние лептонов. Кварк-партоновая модель.
  30. Непертурбативные эффекты в КХД. Вакуум в КХД. Инстантоны. Невылетание цвета.
  31. Стандартная модель слабых и электромагнитных взаимодействий. Промежуточные векторные бозоны, их массы, каналы распада, ширины.
  32. Нейтральные каоны. Нарушение CP инвариантности. Матрица Кобаяши-Маскавы, осцилляции нейтрино.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

---

Кафедра физики плазмы

## КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

**Модуль**

**«Физика плазмы»**

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

**Курс 3, семестр 6**

профиль

**Физика плазмы**

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

к.ф.-м.н. В.В. Анненков

и.о. Заведующего кафедрой физики плазмы ФФ

к.ф.-м.н. А.Д. Беклемишев



Новосибирск 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы -----	53
2. Место модуля в структуре образовательной программы -----	54
3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося -----	54
4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий -----	55
5. Перечень учебной литературы -----	55
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся -----	56
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля -----	56
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю -----	57
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине -----	57
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине -----	57

## 1.Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В рамках промежуточной аттестации (сдачи кандидатского экзамена) по модулю «Физика плазмы» проводится оценка универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (портфолио), полученных в рамках прохождения дисциплин «Физика плазмы для аспирантов», «Современная физика плазмы» и «Избранные главы современной физики», направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Физика плазмы», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Физика плазмы». В состав портфолио входят перечень и презентации докладов, подготовленных обучающимся самостоятельно в рамках освоения дисциплин модуля.

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
<b>УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</b>	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
<b>ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</b>	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
<b>ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	

ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
<b>ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.</b>	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

## 2. Место модуля в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения модуля Физика плазмы:

1. Физика плазмы для аспирантов
- 2.1 Современная физика плазмы
- 2.2 Избранные главы современной физики

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение модуля Физика плазмы:

Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации);

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

## 3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2-6	360	124	92		20	78	32	2	10		2
Всего 360 часов /10 зачетных единиц из них: - контактная работа 250 часов - в интерактивных формах 112 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

**4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

№ п/п	Раздел модуля	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Б.1.В. ОД.									
1.1.	Физика плазмы для аспирантов	5	108	32		20	54			2
2	Б.1.В. ВД.									
2.1.	Современная физика плазмы	3-6	216	92	92		24			8
2.2.	Избранные главы современной физики	3-6	216	92	92		24			8
3.	Кандидатский экзамен	6	36					32	2	2
<b>Всего</b>			360	124	92	20	78	32	2	12
Общий объем контактной работы составляет 250 часов, в интерактивных формах – 112 часов										

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к кандидатскому экзамену по специальности	32

**5. Перечень учебной литературы**

5.1 Основная литература

1. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского Москва: Физматлит, 200 -22 см. ISBN 5-9221-0053-X Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория Изд. 6-е, испр 2008 800 с.: ил. ISBN 978-5-9221-0530-9.
2. В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин; Сборник задач по электродинамике: [учебное пособие для вузов] / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; под ред. М.М. Бредова 3-е изд., испр Москва: Регуляр. и хаотич. динамика, 2002 639 с.: ил.; 21 см. ISBN 5-93972-155-9.
3. В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган; Задачи по квантовой механике: [Учеб. пособие для физ. спец. вузов] / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1992 879 с.: ил. ISBN 5020143650
4. И.А. Котельников, Лекции по физике плазмы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 011200 - Физика и по специальности

010701 - Физика / И.А. Котельников Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 384 с.: ил.; 24 см. ISBN 978-5-9963-1158-3.

5. Б.А.Князев. Низкотемпературная плазма и газовый разряд: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 510400 - Физика / Б.А. Князев; М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2003, 290 с. : ил. ; 29x20 см.(Физика в НГУ) ISBN 5-94356-137-4.

## 5.2 Дополнительная литература

6. Д.А.Франк-Каменецкий, Д. А., Лекции по физике плазмы: [Для инж.-физ. и физ.-техн. вузов и фак.] / Д.А. Франк-Каменецкий .— 2-е изд. — Москва : Атомиздат, 1968 .— 286 с.

7. Ю.П.Райзер Физика газового разряда: [для физических специальностей вузов] / Ю.П. Райзер3-е изд., перераб.и доп.Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2009734 с.: ил.; 25 см. ISBN 978-5-91559-019-8.

8.В.Б.Берестецкий, Е.М.Лившиц, Л.П.Питаевский. Теоретическая физика: [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]: В 10 т. Т.4. Квантовая электродинамика/ В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц; Под ред. Л.П. Питаевского4-е изд., испр.М.: Физматлит, 2001719 с.: ил. ; 22 см. ISBN 5-9221-0053-Х

9.Окунь Л.Б. Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь2-е изд., перераб.и доп М.: Наука, 1990345 с. : ил. ISBN 5-020140279.

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся**

Размещение учебных материалов: Адрес страницы аспирантуры ИЯФ СО РАН <http://www.inp.nsk.su/obrazovanie/aspirantura>.

Обучающийся в аспирантуре должен уметь самостоятельно осуществлять научный поиск литературы, необходимой при подготовке к кандидатскому экзамену по специальности.

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля**

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

### 7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II.).
6. БД Scopus (Elsevier).

#### 7.2. Информационные справочные системы

Не используется

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплин по модулю используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете.

### **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень планируемых результатов обучения по модулю и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

#### ***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по модулю***

##### ***Текущий контроль успеваемости:***

Текущий контроль успеваемости по модулю «Физика плазмы» представляет собой контроль результатов освоения дисциплин, входящих в состав модуля: «Физика плазмы для аспирантов», «Современная физика плазмы» или «Избранные главы современной физики»

и осуществляется в форме презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы дисциплины.

***Промежуточная аттестация:***

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен проводится по программе, соответствующей примерной программе, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации.

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии.

В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ студентов, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах;

2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов.

В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается. Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале.

Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя.

Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии.

Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование направления подготовки, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по модулю Физика плазмы***

Таблица 10.2 Критерии оценки сформированности компетенций<sup>1</sup> в рамках промежуточной аттестации по модулю

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован (неудовлетворительно)	Пороговый уровень (удовлетворительно)	Базовый уровень (хорошо)	Продвинутый уровень (отлично)
УК - 1	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. (УК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-1.2)	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при решении поставленных задач.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач на высоком уровне.
УК -5	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.

<sup>1</sup> Выбор показателя сформированности компетенции (укрупненной характеристики компетенции) из представленных для оценки осуществляется случайным образом

ОПК - 1	Портфолио (презентация), устное сообщение	<p>Деятельности по решению профессионально-значимых задач. (УК-5.1).          Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития. (УК-5.2).          Владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования. (УК-5.3).</p>	<p>Отсутствуют умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития.          Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне.</p>	<p>негрубых ошибок.          Наличие минимального уровня умений при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития.          Наличие минимального уровня владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>Допускается несколько негрубых/ не существенных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы.          Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития.          Демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>разделам дисциплины.          Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.          На высоком уровне демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития.          На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>
		<p>Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности. (ОПК-1.1).          Уметь определять и применять современные научные методы исследования и</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.          Отсутствуют умения при определении применения современных научных методов</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний.          Допускается значительное количество негрубых ошибок.          Наличие минимального уровня умений</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины.          Допускается несколько негрубых/ не существенных ошибок либо не отвечает на</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/ разделам дисциплины.          Свободно и аргументированно отвечает на</p>

		информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования (ОПК-1.2). Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады (ОПК-1.3).	исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад не последователен, не ясна суть работы	при определении применений современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность	дополнительные вопросы. Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, последователен.	дополнительные вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и умения в профессиональной области деятельности
ПК-1	Вопрос экзаменационного билета	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования (ПК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики	Не демонстрирует либо отдельные несвязанные знания и умения в профессиональной области деятельности	Демонстрирует общие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности	Демонстрирует хорошие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках	Демонстрирует углубленные знания и умения базовых понятий и моделей в профессиональной области деятельности

ПК-2	<p>Вопрос экзаменационного билета</p>	<p>профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-1.2). Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.1) Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.2)</p>	<p>Не владеет (знания, умения) основными физическими понятиями и законами в профессиональной области деятельности</p>	<p>Владеет базовыми (знания, умения) понятиями в профессиональной области деятельности</p>	<p>Владеет(знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, и понимает их взаимосвязь, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	<p>Свободно владеет (знания, умения) всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, понимает их взаимосвязь и границы применимости</p>
------	---------------------------------------	---	---	--	--	---

## Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по модулю

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается комиссией. Каждая решённая задача и каждый вопрос категории оценивается от 2 до 5 баллов. Соответствие уровня сформированности компетенции и оценки определяются следующим образом: не сформирована - 2 балла («неудовлетворительно»), пороговый уровень - 3 балла («удовлетворительно»), базовый уровень - 4 балла («хорошо») и продвинутый уровень - 5 баллов («отлично»).

Положительная оценка (3 балла и выше) ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Для получения положительной оценки необходимо продемонстрировать пороговый уровень при решении не менее двух задач из разных категорий. Если решено более двух задач из разных категорий, при дальнейшем расчете итоговой оценки учитывают два лучших результата решения задач из разных категорий.

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется комиссией как среднее арифметическое баллов, полученных за решение задач и за ответы на вопросы с округлением по математическим правилам. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка	Критерии выставления оценки (содержательная характеристика)
«неудовлетворительно» (уровень компетенций не сформирован)	Аспирант не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке основных понятий в профессиональной области, не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания
«удовлетворительно» (сформирован пороговый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов
«хорошо» (сформирован базовый уровень компетенций)	Аспирант в основном демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами современной физики в профессиональной области, но допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы
«отлично» (сформирован продвинутый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами современной физики в профессиональной области.

**Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

**1. Форма экзаменационного билета и перечень экзаменационных задач и вопросов.**

Форма экзаменационного билета представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

<p>Новосибирский государственный университет</p> <p><b>Кандидатский экзамен</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование модуля</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование образовательной программы</p> <p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</b></p> <p>1. Вопрос из категории 1. 2. Вопрос из категории 2. 3. Вопрос из категории 3.</p> <p>Составитель: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>Ответственный за образовательную программу: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>
--

Примерный перечень вопросов экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице 1.2

Таблица 1.2

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1	Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми-Дирака, модель Томаса-Ферми
	Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом
	Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при

	<p>наличии и отсутствии магнитного поля. Кинетика возбужденных молекул в плазме.</p> <p>Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения. Заряженная частица в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта</p> <p>Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, замороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение</p> <p>Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегревная и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости</p> <p>Основные типы колебаний и волн в плазме: ленгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые, альфвеновские. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн</p> <p>Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение</p> <p>Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс, циклотронный резонанс, линейная трансформация. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Рассеяние и трансформация волн</p> <p>Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание. Пробег излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность</p> <p>Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда, излучающий разряд в плотной плазме, плазменно-пучковый разряд</p> <p>Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн, нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои</p>
Категория 2	<p>Методы получения высокоэнергетических релятивистских электронных пучков (РЭП). Взрывная эмиссия. Плазменный эмиттер электронов. Высокоэнергетические релятивистские диоды. Транспортировка высокоэнергетических пучков в вакууме. Критические токи. Зарядовая и токовая нейтрализация пучков в плазме. Генерация мощных потоков ионов с помощью РЭП. Коллективное ускорение ионов в высокоэнергетических электронных пучках</p> <p>Возбуждение ленгмюровских колебаний в плазме при инжекции РЭП. Квазилинейный и нелинейные механизмы релаксации. Диссипация энергии колебаний в плазме (нагрев плазмы). Влияние магнитного поля на релаксацию. Нагрев плазмы обратным током, аномальное сопротивление</p> <p>Инжекторы пучков быстрых атомов на основе перезарядки положительных ионов. Требования к элементам инжектора. Инжекторы на основе отрицательных ионов. Получение и нейтрализация интенсивных пучков отрицательных ионов.</p> <p>Емкостные накопители энергии. Генераторы высоковольтных импульсных напряжений. Коммутаторы больших токов. Магнитные системы открытых ловушек. Сверхпроводящие соленоиды. Особенности вакуумных систем термоядерных установок.</p> <p>Адиабатическое удержание заряженных частиц в пробкотроне. Оценка времени жизни частиц в пробкотроне. МГД равновесие и устойчивость плазмы в</p>

	<p>пробкотроне. Стабилизация желобковой неустойчивости «минимумом В». «Конусные» кинетические неустойчивости плазмы: высокочастотная конусная неустойчивость, дрейфово-конусная неустойчивость, альфвеновская анизотропная ионно-циклотронная неустойчивость</p>
	<p>Амбиполярный потенциал плазмы в пробкотроне. Формирование потенциальных барьеров в амбиполярной ловушке. Формула Пастухова. Процессы переноса в аксиально-несимметричных ловушках.</p>
	<p>Продольное удержание плазмы в многопробочной ловушке. Стеночное удержание плотной плазмы. Обратный ток. Стабилизация винтовой неустойчивости. Возбуждение ленгмюровской турбулентности пучком релятивистских электронов. Турбулентное подавление продольной теплопроводности</p>
	<p>Газодинамическая ловушка (ГДЛ). Продольные потери частиц и энергии в ГДЛ. Методы стабилизации МГД неустойчивостей плазмы в аксиально-симметричных ловушках. Нейтронный источник на основе ГДЛ. Проект ГДМЛ</p>
Категория 3	<p>Электрические и магнитные зонды. Применение зондов для определения параметров плазмы в открытых ловушках..</p>
	<p>Измерение диамагнетизма плазмы.</p>
	<p>Методы исследования потоков частиц: датчики плотности тока, энергоанализаторы, калориметры, болометры.</p>
	<p>СВЧ диагностика плазмы.</p>
	<p>Регистрация микроволнового излучения плазмы.</p>
	<p>Корпускулярная диагностика плазмы (активная и пассивная).</p>
	<p>Оптические диагностики: интерферометрия и спектроскопия плазмы в инфракрасной и видимой областях, пучково-эмиссионная спектроскопия. Лазерное рассеяние и особенности его применения для диагностики неравновесной плазмы. Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p>
	<p>Лазерное рассеяние и особенности его применения для диагностики неравновесной плазмы. Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p>
	<p>Рентгеновские методы диагностики плазмы. Нейтронные измерения</p>
	<p>Нейтронные измерения</p>

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, осваивающих модуль «Физика плазмы» в текущем учебном году

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по модулю требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

